

Aus dem physiologischen Institut der Universität Basel
(Vorsteher: PROF. DR. M. MONNIER)
Aus der medizinischen Klinik der Universität Basel
(Vorsteher: PROF. DR. F. KOLLER)

Veränderungen von Kalium, Glucose und Hämoglobin im Plasma von Kaninchen bei Hämodialyse

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der gesamten Heilkunde
der medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von CLAUDE BACHMANN
von Basel

1966

Druck: G. Gissler, Buchdruck-Offset
Basel 1968

Von der medizinischen Fakultät der Universität Basel genehmigt
auf Antrag von Professor Dr. F. Koller
Tag der Promotion: 22. Dezember 1966

Aus dem physiologischen Institut der Universität Basel
(Vorsteher: PROF. DR. M. MONNIER)
Aus der medizinischen Klinik der Universität Basel
(Vorsteher: PROF. DR. F. KOLLER)

Veränderungen von Kalium, Glucose und Hämoglobin im Plasma von Kaninchen bei Hämodialyse

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der gesamten Heilkunde
der medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von CLAUDE BACHMANN
von Basel

Basel 1968

Digitized by the Internet Archive
in 2026



https://archive.org/details/IA41546701_0121

à maman
et
à la mémoire de mon père

I EINLEITUNG*

Unsere Untersuchungen befassen sich mit Veränderungen der Plasmakonzentration von Kalium, Glucose und freiem Hämoglobin während der Hämodialyse beim Kaninchen. Blutchemische Untersuchungen wurden bisher meist bei Hämodialysen vorgenommen, deren Zweck entweder darin lag, abnorme blutchemische Befunde zu korrigieren, oder selektive Veränderungen durch eine von der Norm abweichende Zusammensetzung der Dialysierflüssigkeit zu bewirken. Unser Ziel war, zu erfahren, ob, bei gesundem Versuchstier und plasmaentsprechender Zusammensetzung der Dialysierflüssigkeit, die extrakorporale Zirkulation mit dem Bypass von der A. carotis comm. sin. zur V. jugularis ext. sin. eine Wirkung auf den Plasmakaliumspiegel ausübt, die durch die Hämodialyse nicht kompensiert werden kann. Die Koppelung der Glucoseaufnahme in die Zellen mit der Kaliumverteilung und die Freisetzung von Kalium durch Hämolyse bewog uns, auch den Glucosespiegel und die Hämoglobinkonzentration im Plasma zu bestimmen. Daneben untersuchten wir ebenso die Veränderungen der Plasmakonzentration von Kalium, Glucose und Hämoglobin sowohl bei Kaliumüberschuss als auch bei gänzlichem Kaliummangel in der Dialysierflüssigkeit.

*Herrn Prof. M. Monnier und Herrn Dr. M. Fallert bin ich für ihre Leitung bei der Ausführung dieser Arbeit, Herrn Prof. F. Koller, Herrn Prof. H. Lüdin und Herrn Prof. H. Reber für ihr Entgegenkommen bei der Durchführung der Kalium-, Glucose- und Plasmahämoglobinbestimmungen in den Laboratorien der medizinischen Klinik sehr dankbar.

II METHODIK

Vorbereitung der Kaninchen: In den 13 Versuchen erfolgte die Kanülierung der V.jugularis ext.sin. und der A.carotis comm.sin. in Lokalanästhesie. Die Kaninchen wurden dann in einem Hamack befestigt und 3-4 Stunden in dieser Lage gelassen. Anschliessend wurde das Versuchstier in das mit frischem Spenderblut gefüllte Dialysiersystem eingeschaltet. Als Antikoagulans erhielt das Tier 2500 IE Heparin (Liquemin Roche), 2500 IE wurden in das Spenderblut gegeben und 1000 bis 2000 IE stündlich in das System. Am Vortag des Versuchs erhielten die Kaninchen prophylaktisch Streptomycin-Penicillin.

Versuchsanordnung: Für die Hämodialyse verwendeten wir den nach HOIGNE und GROSSMANN (1957) modifizierten ALWALL-Dialysator. Wir prüften seine Wirksamkeit durch Bestimmung der Harnstoffextraktion gegen Aqua dest. bei verschiedenen Minutenvolumina der Harnstofflösung. Dabei stimmen unsere Werte mit den von HOIGNE und GROSSMANN (1957) angegebenen Extraktionswerten genau überein. Während der Hämodialyse enthielt das extrakorporale System 80-90 ml Blut. Die Dialysierflüssigkeitsmenge betrug 10 Liter. Der ganze Hämodialysator war in ein geheiztes Wasserbad eingetaucht, dessen Temperatur mit Hilfe eines Thermostaten auf 38°C konstant gehalten wurde. Die extrakorporale Blutzirkulation durch den Hämodialysator wurde durch das arteriovenöse Druckgefälle aufrechterhalten. Das Blut floss aus der A.carotis comm.sin. direkt in den Dialysator, wobei über ein T-Stück ein Quecksilbermanometer zur Blutdruckmessung eingeschaltet war. Vom Dialysator wurde das Blut über eine Plexiglastropfkammer mit Nylonfilter in die V.jugularis ext.sin. geleitet. Das Blutminutenvolumen regulierten wir durch Aenderung des Dialysatorwiderstandes mit einer am Ausgang angebrachten Klemme. Um das Blutvolumen im Tier konstant zu halten, wurde der Hamack mit dem Versuchstier auf eine Waage gestellt, diese zu Beginn des Versuchs justiert und dann laufend kontrolliert.

Zusammensetzung der Dialysierflüssigkeit: 10 Liter Aqua dest., 66 g NaCl, 22,5 g NaHCO_3 , 3 g KCl (bei kaliumfreier Dialysierflüssigkeit durch 3 g NaCl ersetzt), 1 g $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, 2 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ und 20 g Glucose.

Ein Gemisch von 95% O₂ und 5% CO₂ wurde während der Versuche in die Dialysierflüssigkeit geleitet.

Blutentnahmen, Laboratoriumsmethoden und Auswertung:
Die Blutentnahmen von je 5 ml erfolgten 10-15 Minuten nach Versuchsbeginn und dann etwa stündlich aus der Carotiskanüle. Das dadurch fehlende Volumen wurde durch Reserveblut ersetzt. Gleichzeitig nahmen wir Proben aus der Dialysierflüssigkeit. Das entnommene Blut wurde sofort in silikonisierten Gläsern bei 3000 rpm während 20 Minuten zentrifugiert. Die Kaliumkonzentration im Plasma wurde flammenphotometrisch bestimmt. Für die Untersuchung des Blutzuckerspiegels wurde die Methode von HAGEDORN-JENSEN angewandt. Die Plasmahämoglobinkonzentration wurde nach HUNTER et al. (1950) gemessen. Wir berücksichtigten in der Auswertung der Resultate nur die Tiere, bei denen während der Dialyse der Blutdruck über 80 mm Hg geblieben war. Da die Blutentnahmezeiten nach Beginn nicht immer gleich waren, verglichen wir, wo dies nötig war, nicht die Zu- oder Abnahme, sondern die Steigungen, d.h. die Differenz zwischen der zweiten und der ersten Messung pro Zeiteinheit.

III ERGEBNISSE

1. Dialysierflüssigkeit mit "normaler" Kaliumkonzentration (4 mVal/l)

A. Kalium im Plasma

Die Kaliumkonzentration wurde in 9 Experimenten untersucht (Abb.1, Tab.1). Davon zeigten 8 eine Abnahme des Kaliumspiegels von -0,05 bis -1,00 mVal/l/h in der ersten Stunde. In zwei Fällen (1023, 1062) stieg in der zweiten Stunde der Kaliumspiegel an und fiel in der dritten wieder ab. Bei Versuch 1221 blieb er nach der initialen Abnahme während der 2. und 3. Stunde konstant und nahm in der 4. Stunde wieder zu. Versuch 1118: Von 2,90 mVal/l ausgehend stieg die Kaliumkonzentration in der ersten Stunde mit 1,65 mVal/l/h und fiel in der 2. Stunde wieder ab (-0,55 mVal/l/h). Die Kaliumkonzentration der Dialysierflüssigkeit (3,6-4,1 mVal/l) war bei 8 Versuchen grösser oder gleich der initialen Plasmakonzentration (2,7-4,1 mVal/l). Bei Versuch 1023 lag sie um 0,20 mVal unter dem Plasmakaliumspiegel.

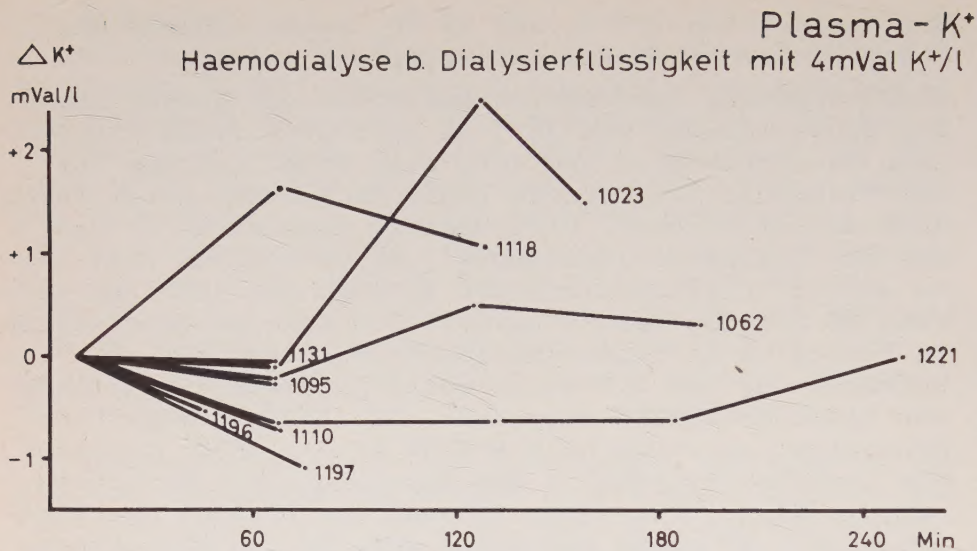


Abb. 1: Hämodialyse bei Verwendung von 4 mVal K^+/l Dialysierflüssigkeit. Abnahme der Kaliumkonzentrationen gegenüber dem Initialwert 0 nach einer Stunde bei 8 Versuchen (-0,05 bis -1,0 mVal/l). Versuch 1118: Zunahme um 1,65 mVal/l.

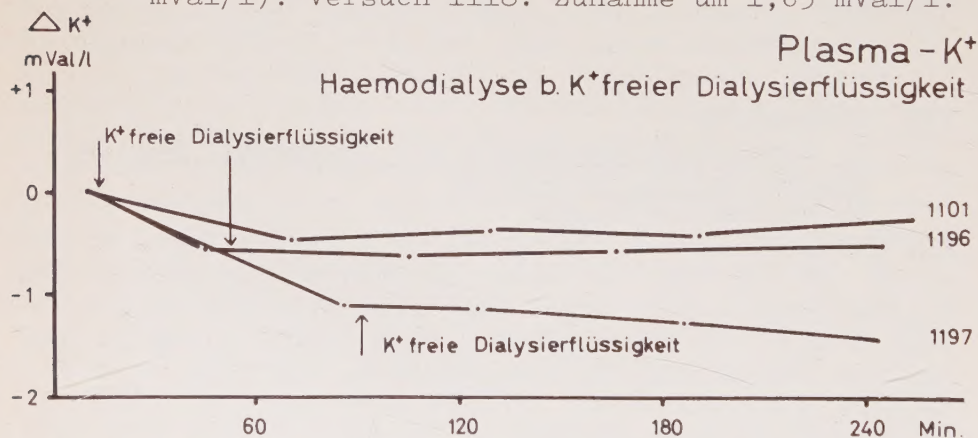


Abb. 2: Hämodialyse bei Verwendung von kaliumfreier Dialysierflüssigkeit. Stabilisierung auf einem erniedrigten Kaliumspiegel. Bei Versuch 1196 und 1197 erfolgt die Senkung des Kaliumspiegels schon bei der Hämodialyse gegen 4 mVal K^+/l Dialysierflüssigkeit. Die Kaliumwerte sind als Differenz zur Ausgangskonzentration ausgedrückt.

B. Glucose im Plasma

Die Glucosekonzentration wurde in 6 Versuchen bestimmt (Tab.2). Während der ersten Stunde nahm bei 3 Fällen die Konzentration mit 19-37 mg%/h zu (1095,1118,1131). Bei Versuch 1110 und 1221, deren Ausgangswerte unter 175 mg% lagen, nahm sie mit -12 bis -17 mg%/h ab. In der 2. Stunde fiel der Glucosespiegel mit -8 bis -29 mg%/h ab. Bei Versuch 1062 stieg er in der 3. Stunde wieder leicht an (+9 mg%/h), bei 1221 erst in der 4. Stunde (+7 mg%/h).

C. Plasmahämoglobin

Die Plasmahämoglobinwerte wurden in 8 Versuchen bestimmt (Tab.3). Die Ausgangswerte schwankten zwischen 10 und 55 mg%. Bei 3 Versuchen (1023,1197,1062) nahm die Konzentration mit 17-24 mg%/h zu, bei 1131 mit 117 mg%/h. Konstant blieb das Plasmahämoglobin bei den Versuchen 1118 und 1196. Bei Ausgangswerten über 40 mg% (1095,1221) nahm die Konzentration mit -28 bis -37 mg%/h ab, wie auch im spätern Verlauf von Versuch 1062.

2. Dialysierflüssigkeit mit Kaliumüberschuss

A. Kalium im Plasma

Die Kaliumkonzentration im Plasma wurde in 7 Versuchen bestimmt (Tab. 1). Die Dialysierflüssigkeit enthielt 30-37 mVal/l Kalium (bei 1110 64 mVal/l infolge zusätzlicher Gabe von 30 g KCl nach 4 Stunden). Entsprechend nahmen die Plasmakalium-werte mit 2,7 bis 10,0 mVal/l/h zu. Eine Ausnahme bildete Versuch 1062: Zunahme in der ersten Stunde nach KCl-Zugabe nur 1,05 mVal/l/h, in der 2. Stunde 0,5 mVal/l/h, gegen Ende sogar mit -0,50 mVal/l/h abnehmend. Die Tiere starben bei Plasmakaliumkonzentrationen zwischen 10,05 und 19,20 mVal/l.

B. Glucose im Plasma

Die Glucosekonzentration wurde in 6 Versuchen bestimmt (Tab.2). In der ersten Stunde nach Zugabe von 27 g KCl nahm der Glucosespiegel bei 4 Versuchen (1095,1118, 1110,1141) mit 13-65 mg%/h zu. Bei Versuch 1148 und 1062 blieb er konstant. Im weiteren Verlauf stieg er bei zwei Tieren (1095: 67 mg%/h, 1148: 51 mg%/h), bei 1141 blieb er konstant.

C. Plasmahämoglobin

Die Konzentration des Plasmahämoglobins wurde in 5 Versuchen bestimmt (Tab.3). Die Zunahme betrug nach KCl-Zugabe 5-30 mg%/h; bei 1131 nahm die Konzentration ab.

3. Dialysierflüssigkeit ohne Kalium-Ionen

A. Kalium im Plasma

Die Kaliumkonzentration wurde in 3 Versuchen bestimmt (Abb.2, Tab.1). Bei 1101 war von Beginn des Versuchs an kaliumfreie Dialysierflüssigkeit verwendet worden, bei 1196 und 1197 war nach einer Stunde die 4 mVal/l Kalium enthaltende Dialysierflüssigkeit gegen kaliumfreie ausgewechselt worden. Die Kaliumwerte stabilisierten sich im Verlauf der Experimente bei 2,20 bis 2,50 mVal/l. Die grösste Konzentrationsabnahme fiel jeweils in die erste Dialysestunde, unabhängig davon, ob die Dialysierflüssigkeit Kalium enthielt oder nicht.

B. Glucose im Plasma

Der Glucosespiegel im Plasma wurde bei Versuch 1101 bestimmt (Tab.2). Er stieg in der ersten Stunde mit 34 mg%/h und sank gegen Versuchsende langsam wieder auf das Ausgangsniveau (182 mg%).

C. Plasmahämoglobin

Die Hämoglobinwerte im Plasma wurden in 3 Versuchen bestimmt (Tab.3). Die Veränderungen schwankten zwischen -19 und +64 mg%/h. Die stärkste Zunahme fällt bei Versuch 1101 in die 4. Dialysestunde, bei 1197 in die erste Stunde nach dem Wechsel der Dialysierflüssigkeit.

IV DISKUSSION

1. Kaliumveränderungen im Plasma

Dialysierflüssigkeit mit "normaler" Kaliumkonzentration: Die initiale Plasmakonzentration an Kalium (2,7-4,1 mVal/l) war bei 8 Versuchen kleiner oder gleich dem anfänglichen Kaliumspiegel der Dialysierflüssigkeit (3,6-4,1 mVal/l). Nur bei Versuch 1023 lag sie im Plasma um 0,20 mVal höher. Der Kaliumspiegel im Plasma fiel während der ersten Hämodialysestunde, mit Ausnahme von Versuch 1118 (+1,65 mVal/l/h) bei 8 Versuchen mit -0,05 bis -1,00 mVal/l/h.

Somit erfolgte bei 7 Versuchen die Abnahme der Kaliumkonzentration entgegen dem Konzentrationsgefälle, das an der Dialysatormembran bestand. Diese Befunde bestätigen die Resultate von REINECKE et al.(1949) bei Kontrolldialysen von Hunden mit normokaliämischer Dialysierflüssigkeit. MONNIER et al.(1965) fanden bei Hämodialyse mit dem Dialysator von KUHN keine signifikanten Veränderungen der Kaliumkonzentration im Plasma. Das Minutenvolumen war jedoch dort mit 4-4,5 ml sehr klein; ausserdem erfolgte der Rückfluss über die V. femoralis, was einen hämodynamischen Einfluss auf Volumenrezeptoren der V.cava sup. oder des rechten Vorhofs unwahrscheinlich macht. CRAFOORD et al.(1957), CALLAGHAN et al.(1958) und LITWIN et al.(1959) haben über eine Senkung des Kaliumspiegels bei extrakorporaler Zirkulation mit Oxygenatorpumpen bei Patienten und Hunden berichtet, ohne auf den Wirkungsmechanismus einzugehen.

Ob bei unserer Versuchsanordnung die Senkung des Kaliumspiegels auf einer lagebedingten Einschränkung der Nierendurchblutung oder auf einem spezifischen hämodynamischen Reiz beruhte, oder ob sie als unspezifische Reaktion aufzufassen ist, können wir nicht beurteilen. Im weiteren Verlauf ist bei Versuch 1023 der Anstieg auf 6,65 mVal/l nach zwei Stunden auffällig, der zum grossen Teil der starken Hämolyse und möglicherweise auch der Zerstörung von Thrombocyten infolge der Einschaltung einer Rollerpumpe zuzuschreiben ist.

Dialysierflüssigkeit mit Kaliumüberschuss: Die Zugabe von KCl zur Dialysierflüssigkeit bewirkt eine Zunahme der Plasmakaliumkonzentration, deren Steigung von der Dialysance (WOLF et al.,1951) abhängig ist. Bei Versuch 1062 war beim Zusammensetzen des ALWALL-Dialysators das äussere Gitter zu fest auf das innere gepresst worden. Der dazwischen verlaufende Zellophan-schlauch leistete dem kreisenden Blut einen entsprechend höheren Widerstand. Da das Minutenvolumen somit kleiner wurde, war zwar die Extraktion höher, die Dialysance aber tief. Infolge der schwach wirksamen Dialyse vermochte das Tier die Zugabe von 27 g KCl zur Dialysierflüssigkeit zu kompensieren.

Dialysierflüssigkeit ohne Kalium: Unsere Resultate zeigen ein Absinken der Kaliumkonzentration im Plasma mit einer darauffolgenden Stabilisation auf dem Niveau von 2,20-2,50 mVal/l. Dies bestätigt die Beobachtungen von REINECKE et al.(1949), FINKENSTAEDT et al.(1957), GOLDNER et al.(1954), YOUNG et al.(1956), HOCHREIN et al.(1963), WELLER et al.(1955) und SIEGEL et al.(1957), wobei die beiden letzten Autoren zwei Phasen unterscheiden: 1.rasches Abfallen des Kaliumspiegels auf etwa die Hälfte des Ausgangswertes in der ersten Stunde und 2.kontinuierliche Extraktion in den folgenden Stunden, wobei die Kaliumkonzentration extrazellulär einigermaßen konstant bleibt und der Kaliumtransport aus den Zellen die Extraktion kompensiert. In unsern Experimenten 1196 und 1197 fällt auf, dass die erste Phase schon durch Hämodialyse gegen 4 mVal/l Kalium enthaltende Dialysierflüssigkeit bewirkt wird. Bei unserer Anordnung scheint also die Bedeutung der Dialyse gegen kaliumfreie Dialysierflüssigkeit darin zu liegen, dass ein Anstieg des Plasmakaliums in den folgenden Versuchsstunden verhindert wird.

2. Glucoseveränderungen im Plasma

Da unsere Glucosekonzentrationen nur nach der Methode von HAGEDORN und JENSEN bestimmt wurden, können wir bei den vorliegenden Resultaten Veränderungen anderer reduzierender Substanzen nicht ausschliessen. Dialysierflüssigkeit mit "normaler" Kaliumkonzentration: Unsere Ergebnisse mit Ausgangswerten über 175mg% und Anstieg der Glucosekonzentration bestätigen die Resultate von LEONARDS et al.(1961), der einen vermehrten Leberglykogenabbau bei Hämodialyse feststellte. Der Glucoseanstieg kann nicht auf Veränderungen der Lage des Kaninchens zurückgeführt werden, da sich der Glucosespiegel während der drei Stunden vor Versuchsbeginn stabilisiert haben sollte. Bei den übrigen Versuchen mit Ausgangswerten unter 175 mg% und abfallendem Glucosespiegel kann die Abnahme bei 1110 als Korrektur durch die Dialyse erklärt werden. Bei Versuch 1221 müssen wir sie entweder dem erhöhten zellulären Abbau (LEONARDS et al.,1961) oder der Glykogenneubildung zuschreiben. Die Möglichkeit einer Enthemmung des peripheren Abbaus und der Glykogenneubildung durch Extraktion von Insulinantagonisten durch

die Hämodialyse ist in Betracht zu ziehen (VALLANCE-OWEN et al., 1954).

Dialysierflüssigkeit mit Kaliumüberschuss: Der Anstieg des Glucosespiegels nach Zugabe von KCl zur Dialysierflüssigkeit wird durch die Versuche von DAVIS et al. (1963) bestätigt, welcher nach KCl- oder K_2SO_4 -Infusion einen Anstieg des Corticosteronspiegels feststellte, was zu Gluconeogenese führt. Da bei Versuch 1062 keine Erhöhung des Kaliumspiegels zustande kam (s.o.), nahm erwartungsgemäss auch die Glucosekonzentration nicht zu.

Dialysierflüssigkeit ohne Kalium: Versuch 1101 bestätigt die Resultate von SAGILD et al. (1964), der mit Kationenaustauschharzen eine Hypokaliämie bewirkte und eine Erhöhung des Nüchternblutzuckerspiegels feststellte.

3. Hämoglobinveränderungen im Plasma

Unsere Ausgangswerte der Plasmahämoglobinkonzentration (10-55 mg%) liegen etwas hoch, verglichen mit den Angaben in der Literatur. DOYLE (1962) erwähnt, dass bei Hämodialyse selten Plasmahämoglobinwerte über 30-40 mg% erreicht werden. Einige Autoren geben lediglich an, dass bei ihren Apparaturen praktisch keine Hämolyse eintrete (ALWALL 1947, MALINOW et al. 1947). Für die hohen Ausgangswerte ist im Wesentlichen die Vorbereitung des Blutes bis zum Beginn der Dialyse verantwortlich; das Blutfüllvolumen (priming blood) der Apparatur mit seiner Hämolyse macht etwa einen Drittel des Blutvolumens des Tieres aus und fällt damit ins Gewicht. Die Zunahme der Hämoglobinkonzentration (Normokaliämie: bis +24 mg%/h, Hyperkaliämie: bis +30 mg%/h) ist mit folgenden Ausnahmen unauffällig: Versuch 1023 und 1029 zeigten eine stärkere Zunahme, da eine Rollerpumpe in den Kreislauf eingeschaltet war. Die Versuche 1101 und 1197 mit kaliumfreier Dialysierflüssigkeit sowie Versuch 1131, wo bei normokaliämischer Dialysierflüssigkeit sehr tiefe Plasmakaliumwerte gefunden wurden (2,65-2,70 mVal/l), bestätigen die von READ (1962) erwähnten Experimente, wonach Hypokaliämie die Hämolysetendenz steigert.

V ZUSAMMENFASSUNG

In dreizehn Versuchen mit Hämodialyse an nicht narkotisierten Kaninchen wurden die Veränderungen der Plasmakonzentrationen von Kalium, Glucose und Hämoglobin untersucht. Entweder entsprach dabei die Dialysierflüssigkeit in ihrer Kaliumkonzentration dem Plasma (4 mVal/l), oder sie enthielt einen Kaliumüberschuss, oder sie war kaliumfrei.

Die Kaliumkonzentration im Plasma sank, mit einer Ausnahme, nach einer Stunde Hämodialyse - entgegen dem Konzentrationsgefälle der Dialyse - deutlich ab. Auf KCl-Zugabe zur Dialysierflüssigkeit nahmen die Plasmakaliumwerte mit wechselnder Steigung zu. Die Kaliumkonzentrationen sub mortem schwankten zwischen 10,5 und 19,2 mVal/l. Bei Verwendung von kaliumfreier Dialysierflüssigkeit stabilisierte sich der Plasmakaliumspiegel bei 2,20-2,45 mVal/l. Die wesentliche Abnahme des Plasmakaliums scheint auch hier mit dem Prozess der Dialyse an sich einzutreten, unabhängig davon, ob die Dialysierflüssigkeit Kalium enthält oder nicht. Die Bedeutung der kaliumfreien Dialysierflüssigkeit liegt darin, dass sie einem spätern Anstieg des Plasmakaliumspiegels entgegenwirkt.

Die Glucose im Plasma bei Hämodialyse mit normaler Kaliumkonzentration stieg bei einer Gruppe mit hohen Initialwerten während der ersten Versuchsphase an, während sie bei den übrigen Tieren leicht abfiel, wie dies bei allen Versuchen im weiteren Verlauf der Fall war. Sowohl bei Kaliumüberschuss wie bei Kaliummangel in der Dialysierflüssigkeit stieg der Blutzuckerspiegel deutlich an.

Bei hohen Initialwerten fanden sich, mit wenigen Ausnahmen, unbedeutende Zunahmen der Plasmahämoglobinkonzentration bei normaler und einen Kaliumüberschuss enthaltender Dialysierflüssigkeit. Bei Hypokaliämie beobachteten wir eine stärkere Zunahme der Hämoglobinämie.

VI LITERATUR

1. ALWALL N., 1947, On the artificial kidney. I: Apparatus for dialysis of blood in vivo. *Acta Med. Scand.* 128, 317-325.
2. CALLAGHAN J.C., R.S. FRASER, J. DVORKIN & A.G. STEWART 1958, The acid-base aspects of extracorporeal circulation, p. 179-192 in: *Extracorporeal Circulation*, J.G. Allen (editor), Springfield, Ill.: Thomas.
3. CRAFOORD C., B. NORBERG & A. SENNING, 1957, Disturbances in fluid and electrolyte balance after extracorporeal circulation. *Acta Chir. Scand.* 113, 415-417.
4. DAVIS J.O., J. URQUHART & J.T. HIGGINS, 1963, The effects of alterations of plasma sodium and potassium concentration on aldosterone secretion. *J. Clin. Invest.* 42, 597-609.
5. DOYLE J.E., 1962, Extracorporeal hemodialysis therapy in blood chemistry disorders. Springfield, Ill.: Thomas.
6. FINKENSTAEDT J.T., A. RUIZ GUINAZU, L. MOREAU & J.B. MERRILL, 1957, Experimental acute potassium depletion in dogs. *Clin. Science* 16, 171-179.
7. GOLDNER F., G. GORDON & L.G. RAISS, 1954, Potassium depletion by prolonged vivodialysis in the dog. *Clin. Res. Proc.* 2, 46.
8. HOCHREIN H., K. KLUETSCH, A. HEIDLAND & H.P. HELWING, 1963, Wirkungen des akuten Kaliumentzugs durch Haemodialyse auf den Kaliumgehalt des Herzmuskels und anderer Gewebe. *Z.f. Kreislaufforschung* 52, 814-823.
9. HOIGNE R. & W. GROSSMANN, 1957, Eine künstliche Niere zur Erzeugung selektiver Elektrolytveränderungen an Kleintieren, mit besonderer Berücksichtigung des Kaninchens. *Acta Med. Scand.* 158, 253-259.
10. HUNTER F.T., M. GROVE-RASMUSSEN & L. SOUTTER, 1950, A spectrophotometric method for quantitating hemoglobin in plasma or serum. *Am. J. Clin. Path.* 20, 429-433.
11. LEONARDS J.R., B.R. LANDAU & F.M. BARRY, 1961, Hemodialysis-induced hypoglycemia in the dog.

- Trans. Am. Soc. Art. Int. Organs 7, 78-82.
12. LITWIN M.S., F.G. PANICO, C. RUBINI, E. HARKEN & F.D. MOORE, 1959, Acidosis and lactic acidemia in extracorporeal circulation: the significance of perfusion flow rate and the relation to perfusion respiratory alkalosis. *Ann. Surg.* 149, 188-199.
 13. MALINOW M.R. & W. KORZON, 1947, An experimental method for obtaining an ultrafiltrate of the blood. *J. Lab. Clin. Med.* 32, 461-471.
 14. MONNIER M. & L. HOESLI, 1965, Humoral transmission of sleep and wakefulness. II: Hemodialysis of a sleep inducing humor during stimulation of the thalamic somnogenic area. *Pflügers Arch.* 282, 60-75.
 15. REINECKE R.M., C.R. HOLLAND & F.L. STUTZMAN, 1949, Homeostasis of potassium in the extracellular fluid of the dog during removal by vivodialysis. *Am. J. Physiol.* 156, 290-297.
 16. SAGILD U. & V. ANDERSEN, 1964, Further studies on glucose metabolism in experimental potassium depletion. *Acta Med. Scand.* 175, 681-685.
 17. SIEGEL R.R. & W.D. LOTSPEICH, 1965, Potassium and sodium excretion and potassium homeostasis during acute hypokalemia. *Am. J. Physiol.* 208, 1143-1152.
 18. VALLANCE-OWEN J. & B. HURLOCK, 1954, Estimation of plasma-insulin by the rat diaphragm method. *Lancet* 1, 68-70.
 19. WELLER J.M., B. LOWN, R.V. HOIGNE, N.F. WYATT, M. CRISCITIELLO, J.P. MERRILL & S.A. LEVINE, 1955, Effects of acute removal of potassium from dogs. *Circulation* 11, 44-52.
 20. WOLF A.V., D.G. REMP, J.E. KILEY & G.D. CURRIE, 1951, Artificial kidney function: kinetics of hemodialysis. *J. Clin. Invest.* 30, 1062-1070.
 21. YOUNG J.V. & G.W. DAUGHERTY, 1956, Use of the artificial kidney in the production and study of experimental hypokalemia. *Proc. Staff Meet. Mayo Clin.* 31, 357-364.

Tabelle 1

Veränderungen der Kaliumkonzentration im Plasma
(mVal/l) während der Hämodialyse mit
a. 4 mVal/l Kalium enthaltender Dialysierflüssigkeit
b. Kaliumüberschuss in der Dialysierflüssigkeit
c. kaliumfreier Dialysierflüssigkeit

Dialysier- flüssig- keit	Minuten nach Beginn	Versuchs- tier Nr.	0-10	60-70	100-135	150-190	225-250	270-310	360-400
a. mit 4mVal/l Kalium	1023		4,20	4,10	6,65	5,10			
	1062		3,55	3,35	4,05	3,85			
	1095		3,15	2,95					
	1110		3,75	3,00					
	1118		2,90	4,55	4,00				
	1131		2,70	2,65					
	1196		3,00	2,45					
	1197		4,10	3,00					
	1221		3,50	2,90	2,90	2,90	3,50		
b. mit Kalium- über- schuss	1029		3,15	10,50					
	1062		3,55				4,90	5,40	4,60
	1095		3,15		8,30	12,00			
	1110		3,75		6,00	5,80	7,65	19,20	
	1118		2,90			14,00			
	1141		-	2,60	8,15		13,00		
	1148		3,30		8,50	12,00			
c. kalium- frei	1101		2,70	2,30	2,40	2,30	2,45		
	1196		3,00		2,40	2,45	2,50		
	1197		4,10		2,85	2,35	2,20		

Tabelle 2

Veränderungen der Glucosekonzentration im Plasma
in mg% während der Hämodialyse mit
a. 4 mVal/l Kalium enthaltender Dialysierflüssigkeit
b. Kaliumüberschuss in der Dialysierflüssigkeit
c. kaliumfreier Dialysierflüssigkeit

Dialysier- flüssig- keit	Minuten nach Beginn	Versuchs- tier Nr.	0-10	60-70	100-135	150-190	225-250	270-310	360-400
a. mit 4mVal/l Kalium	1062		-	144	127	136			
	1095		191	213					
	1110		172	159					
	1118		177	216	187				
	1131		147	166					
	1221		142	134	126	107	114		
b. mit Kalium- über- schuss	1062		-						
	1095		191		238	305	136	115	136
	1110		172		224				
	1118		177			210			
	1141		-	230	243	-	245		
	1148		146	-	141	180			
c. kalium- frei	1101		182	216	185	183	174		

Tabelle 3

Veränderungen der Hämoglobinkonzentration im Plasma
in mg% während der Hämodialyse mit
a. 4 mVal/l Kalium enthaltender Dialysierflüssigkeit
b. Kaliumüberschuss in der Dialysierflüssigkeit
c. kaliumfreier Dialysierflüssigkeit

Dialysier- flüssig- keit	Minuten nach Beginn	Versuchs- tier Nr.	0-10	60-70	100-135	150-190	225-250	270-310	360-400
a. mit 4mVal/l Kalium	1023		35	52	92	146			
	1062		-	14	35	2			
	1095		55	18					
	1118		23	28	31				
	1131		21	138					
	1196		10	10					
	1197		20	44					
	1221		44	16	4	22	26		
b. mit Kalium- über- schuss	1029		32	62					
	1062		-					17	
	1095		55		38	44	10		25
	1118		23			55			
c. kalium- frei	1101		27	17	20	27	72		
	1196		10		38	29	40		
	1197		20		108	136	116		

